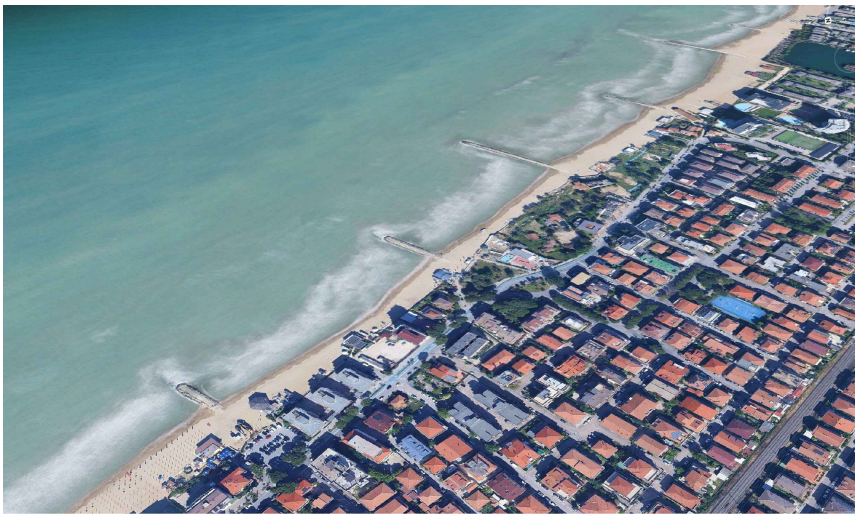
REGIONE ABRUZZO

COMUNE DI SILVI

PROVINCIA DI TERAMO



LAVORI DI COMPLETAMENTO DI PENNELLI E BARRIERE SOMMERSE

(C.U.P.: H32B26003220002)

Progetto Esecutivo

Titolo elaborato :

CALCOLI ESECUTIVI DELLE STRUTTURE

Committente:

COMUNE DI SILVI MARINA

AREA 2 TECNICA

SERVIZIO LAVORI PUBBLICI E USIP

Responsabile Unico del Progetto:

Ing. Alessandra Ferrante

Progettista:

Ing. Daniela San Lorenzo

Daniela San Lorenzo

Ingegnere Idraulico

email: danielasanlor@gmail.com - pec: daniela.sanlorenzo@ingte.it

P.IVA: 01885620672

ORDINE DEGLI INGEGNERI - TERAMO

1423 SAN LORENZO dott. DANIELA

INGEGNERE CIVILE E AMBIENTALE

Allegato:

R 05

Scala :

Formato foglio:

A4

Data :

Luglio 2026

Visto del Committente:

INDICE

1. PREMESSE 2

2. CARATTERISTICHE GEOTECNICHE DEI TERRENI 3

3. REQUISITI TECNICO-FUNZIONALI DELLE OPERE IN PROGETTO 4

3.1 CONSIDERAZIONI GENERALI 4

3.2 DEFINIZIONE DEI CRITERI DI PROGETTO 4

3.2.1 Durata minima di vita dell'opera 5

3.2.2 Probabilità di danneggiamento ammissibile dell'opera 5

3.2.3 Calcolo del tempo di ritorno dell'onda di progetto 6

3.2.4 Parametri meteomarini di progetto 7

4. VERIFICHE IDRAULICHE E STRUTTURALI DELLE OPERE 8

4.1.1 DIMENSIONI E CARATTERISTICHE STRUTTURALI 8

4.2 VERIFICHE DI STABILITÀ DELLE SCOGLIERA 8

4.2.1 CRITERI GENERALI 8

4.2.2 VERIFICHE DI STABILITÀ DEL PENNELLO PARZIALMENTE SOMMERSO 11

4.2.3 VERIFICHE DI STABILITÀ DELLA BARRIERA LONGITUDINALE 11

1. PREMESSE

Con determinazione n. 1429 del 28/05/2026 del Responsabile, l'Area 2 - Tecnica, del Comune di Silvi ha affidato all' Ing. Daniela San Lorenzo l'incarico di progettazione esecutiva, direzione lavori e coordinamento per la sicurezza per i "Lavori di completamento di pennelli e barriere sommerse (CUP: H32B26003220002)".

In particolare, il Comune di Silvi è stato individuato dalla Regione Abruzzo quale soggetto attuatore dell'intervento denominato *Lavori di completamento di "pennelli e barriere sommerse"* di somma complessiva pari a 960'000,00 € con Deliberazione di Giunta Regionale nr. 194 del 20/04/2026 "ART.2, L.R. 21/11/2019, N.39 recante "DISPOSIZIONI IN MATERIA DI INTERVENTI PER FRONTEGGIARE LA GRAVE EROSIONE DELLA COSTA NELLA REGIONE ABRUZZO" -PROGRAMMAZIONE INTERVENTI ANNUALITÀ 2026". In data 24/04/2026 è stata sottoscritta la relativa convenzione.

L'intervento in progetto riguarda, nello specifico, il completamento del sistema di difesa costiera previsto nel Progetto di Fattibilità Tecnico-Economica denominato "D.G.R. 181/21 – D.G.R. 795/22 del 20.12.2022 – Interventi infrastrutturali per la messa in sicurezza ed il rischio idrogeologico – annualità 2021-2022; Legge 30.12.2018 n. 145, art. 1, co. 134-135 – Realizzazione, manutenzione e rifioritura delle scogliere – CUP H37H22000280002", approvato con Delibera di Giunta Comunale n. 2 del 06/12/2023.

L'intervento prevede il completamento del sistema di difesa costiera "a celle" individuato dal Piano di Difesa della Costa della Regione Abruzzo. Tale sistema è costituito dalla combinazione di opere trasversali, rappresentate da pennelli emersi e parzialmente sommersi, e opere longitudinali distaccate sommerse, realizzate in massi naturali. I pennelli trasversali si raccordano alle opere longitudinali sommerse, configurando un sistema integrato di protezione finalizzato alla difesa del tratto di litorale interessato dai fenomeni erosivi. L'intervento è stato attuato per stralci funzionali. Pertanto, ad oggi, gli interventi previsti dal PFTE risultano parzialmente realizzati.

La presente relazione contiene i criteri di dimensionamento e le verifiche idrauliche e di stabilità delle opere previste in progetto, con particolare riferimento alla determinazione della pezzatura dei massi naturali costituenti il corpo scogliera. Le verifiche sono state sviluppate in conformità ai criteri progettuali comunemente adottati per le opere marittime a gettata.

I sistemi di difesa costituiti da opere trasversali (pennelli) ricalcano essenzialmente la tipologia delle scogliere a gettata, tutte realizzate in massi naturali e pietrame, e per il loro dimensionamento si è tenuto conto di un tempo di vita utile dell'opera di 25 anni ed un tempo di ritorno dell'evento meteomarino di progetto pari a T_R = 50 anni.

2. CARATTERISTICHE GEOTECNICHE DEI TERRENI

Lungo il tratto di costa interessato dagli interventi di difesa in progetto, vista la tipologia delle opere e le funzionalità principali che dovranno assolvere, ovvero pennello parzialmente sommerso e barriera sommersa destinati principalmente al contenimento parziale della deriva del materiale sabbioso movimentato dall'azione del moto ondoso e all'attenuazione delle correnti lungo il litorale, le caratteristiche geologiche e geotecniche dei terreni di fondazione, non lasciano presagire particolari problematiche legate alla stabilità delle opere.

Infatti, la geometria delle opere è caratterizzata da una sezione trasversale di forma trapezia avente una base sufficientemente ampia per assicurare una buona ripartizione dei carichi sui terreni di fondazione. I carichi agenti sui terreni di fondazione nella fase di esercizio sono costituiti essenzialmente dal peso proprio dei massi naturali che compongono le scogliere, mentre nella fase costruttiva, limitatamente alla realizzazione del pennello, che avviene da terra, sono presenti i carichi derivanti dal transito e dall'operatività dei mezzi d'opera (autocarri per il trasporto dei massi, dumper per la movimentazione in sito e pale meccaniche o escavatori gommati o cingolati), che operano direttamente sulla berma di sommità. La configurazione geometrica adottata garantisce tuttavia adeguati margini di sicurezza nei confronti della stabilità d'insieme sia durante la costruzione sia nelle condizioni di esercizio.

Nel dimensionamento strutturale delle scogliere si è tenuto conto di una porosità d'insieme delle singole scogliere pari al 25% in considerazione della messa in opera alla rinfusa dei singoli elementi lapidei (massi naturali) che le compongono.

3. REQUISITI TECNICO-FUNZIONALI DELLE OPERE IN PROGETTO

3.1 CONSIDERAZIONI GENERALI

Gli interventi previsti dal presente progetto esecutivo consistono nella realizzazione delle seguenti opere.

- n. 1 un'opera trasversale del tipo a gettata (pennello) in massi naturali, parzialmente sommerso, con parte emersa lunga complessivamente circa 135 m e parte sommersa lunga complessivamente circa 40 m.
- n. 1 un'opera longitudinale del tipo a gettata (barriera) in massi naturali totalmente sommerso alla quota -1,50 m lmm.

Le caratteristiche geometriche delle opere in progetto sono riportate in apposite tavole grafiche a cui si rimanda per maggiori dettagli.

Nei paragrafi seguenti vengono descritti i criteri seguiti per la definizione dei parametri di progetto necessari per le corrette verifiche idrauliche e strutturali delle singole opere.

3.2 DEFINIZIONE DEI CRITERI DI PROGETTO

Con riferimento a quanto indicato anche dalle "Istruzioni Tecniche per la progettazione e la esecuzione di opere di protezione delle coste" e "Istruzioni Tecniche per la progettazione delle dighe marittime", entrambe edite dal Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici, per il dimensionamento strutturale delle scogliere si deve valutare preliminarmente la durata di vita utile dell'opera T_u, in relazione alle sue caratteristiche funzionali (livello di sicurezza che deve assolvere e tipologia d'uso).

Si valuta inoltre, la massima probabilità di danneggiamento ammissibile P_f per l'opera, in funzione delle ripercussioni economiche e degli eventuali rischi per le vite umane connessi al cosiddetto "evento meteomarino di progetto" contraddistinto da un determinato tempo di ritorno durante la vita di esercizio dell'opera.

Tra gli altri criteri di progetto vanno richiamati quelli operativo-funzionali cui deve assolvere il sistema di difesa. Nel caso in esame le nuove opere dovranno garantire, oltre ad una sensibile attenuazione dell'azione del moto ondoso incidente, un sostegno, nel senso longitudinale della costa, al profilo trasversale della spiaggia che ricade all'interno delle nuove opere.

3.2.1 Durata minima di vita dell'opera

Con riferimento alla seguente Tabella 3.1 ed alle indicazioni relative desunte dalle succitate Istruzioni Tecniche, le scogliere contemplate dal presente progetto possono essere considerate come infrastrutture civili di uso generale con un livello di sicurezza 1 e pertanto contraddistinte da una durata minima di vita pari a 25 anni.

Tabella 3.1 - Durata minima di vita per opere o strutture di carattere definitivo Tv

Tipo dell'opera	***Livello di sicurezza richiesto***		
	1	2	3
	Vita di progetto (anni)		
Infrastrutture di uso generale	25	50	100
Infrastrutture ad uso specifico	15	25	50

Nella Tabella 3.1 per "infrastrutture ad uso specifico" si intendono le opere di difesa di singole installazioni industriali, di porti industriali, di depositi o piattaforme di carico e scarico, di piattaforme petrolifere, ecc.

Il livello di sicurezza 1 si riferisce ad opere o installazioni di interesse locale ed ausiliario, comportanti un rischio minimo di perdita di vite umane o di danni ambientali in caso di collasso della stessa (difese costiere, opere in porti minori o marina, scarichi a mare, strade litoranee ecc.).

Il livello di sicurezza 2 si riferisce ad opere e installazioni di interesse generale, comportanti un moderato rischio di perdita di vite umane o di danni ambientali in caso di collasso dell'opera (opere di grandi porti, scarichi a mare di grandi città, ecc.).

Il livello di sicurezza 3 si riferisce ad opere o installazioni per la protezione dall'inondazione o di interesse sopranazionale, comportanti un elevato rischio di perdita di vite umane o di danno ambientale in caso di collasso della stessa (difese di centri urbani o industriali, ecc.).

3.2.2 Probabilità di danneggiamento ammissibile dell'opera

Con riferimento alla Tabella 3.2 ed alle indicazioni desunte dalle succitate Istruzioni Tecniche, per le opere marittime contemplate dal presente progetto si può ritenere accettabile lo scenario di danno incipiente con rischio limitato per la vita umana e ripercussioni economiche medio-basse assumendo quindi una probabilità massima di danneggiamento pari a 0,4.

Tabella 3.2 - Massima probabilità di danneggiamento P_f ammissibile nel periodo di vita operativa

Danneggiamento incipiente		
Ripercussione economica	Rischio per la vita umana	
	Limitato	Elevato
Bassa	0.50	0.30
Media	0.30	0.20
Alta	0.25	0.15
Distruzione totale		
Ripercussione economica	Rischio per la vita umana	
	Limitato	Elevato
Bassa	0.20	0.15
Media	0.15	0.10
Alta	0.10	0.05

Nella Tabella 3.2, infatti, per strutture flessibili o comunque per opere riparabili, si assume la probabilità corrispondente al danneggiamento incipiente inteso come il livello di danneggiamento predefinito in relazione al tipo di struttura, al di sopra del quale il danno è apprezzabile e risulta necessario intervenire con lavori di manutenzione.

Per queste opere si deve comunque verificare anche lo scenario di rovina totale, cioè del superamento di un livello di danneggiamento predefinito in relazione al tipo di struttura, al di sopra del quale l'opera cessa di svolgere un'apprezzabile funzione protettiva.

Per rischio limitato per la vita umana si intendono i casi in cui a seguito del danneggiamento dell'opera non è prevista alcuna perdita di vite umane. Quando queste perdite sono preventivabili, il rischio è elevato.

Per ripercussione economica bassa, media ed alta si intendono casi in cui il rapporto fra i costi diretti del danneggiamento, sommati a quelli indiretti dovuti alla perdita di funzionalità delle opere protette ed il costo totale per la realizzazione dell'opera è minore di 5, è compreso fra 5 e 20 o è maggiore di 20.

3.2.3 Calcolo del tempo di ritorno dell'onda di progetto

Il tempo di ritorno dell'evento di progetto T_{rp} viene calcolato, in funzione del tempo di vita dell'opera preso come riferimento, T_v =25 anni, e della probabilità di danneggiamento P_f = 0.4, tramite la relazione seguente:

$$T_{rp} = T_v/[-\ln (1-P_f)] \qquad (1)$$

Assumendo il criterio del danno incipiente si impone P_f = 0,4 e quindi:

$$T_{rp} = 25/[-\ln (1-0.4)] \approx 49 \text{ anni.}$$

Pertanto, si prende in considerazione uno stato di mare di progetto con tempo di ritorno pari a 50 anni.

3.2.4 Parametri meteomarini di progetto

Per la scelta dei parametri di progetto da utilizzare per le verifiche idraulico-strutturali delle opere previste dal presente progetto, si è fatto riferimento ai risultati ottenuti dallo studio meteomarino condotto nell'ambito del PFTE, ove sono stati definiti i principali parametri che caratterizzano il regime d'onda al largo e sotto costa del sito in esame nonché l'analisi dei livelli idrici.

Nella Tabella seguente sono riportati i parametri ondametrici di progetto che sono stati utilizzati per il dimensionamento e le verifiche delle opere.

	Onde di progetto al largo		
Tr (anni)	***Hs (m)***	***Tp (s)***	***Dir (°N)***
50	7.16	11.00	330÷60

4. VERIFICHE IDRAULICHE E STRUTTURALI DELLE OPERE

Il presente capitolo riporta le verifiche strutturali dell'opera trasversale del progetto in epigrafe. Per le verifiche strutturali si sono assunte le condizioni meteomarine di progetto riportate nel capitolo precedente, tenendo conto anche delle reali esigenze costruttive.

4.1.1 DIMENSIONI E CARATTERISTICHE STRUTTURALI

L'Opera trasversale da realizzare (già parzialmente realizzata) presenta le seguenti caratteristiche:
Opera trasversale (Pennello) già parzialmente realizzata:

- una lunghezza della parte emersa pari a circa 135 m con una berma superiore di larghezza pari a 3.0 m posta a quota +1.5 m l.m.m;
- una lunghezza della parte sommersa pari a circa 40 m, con sommergenza pari a -1.50 m s.l.m.m e larghezza della berma pari a 12 m;
- una pendenza delle scarpate dell'opera pari a b/h=3/2;
- un corpo scogliera realizzato con massi naturali da 1-3t.

Opera longitudinale distaccata (barriera) sommersa

- una lunghezza complessiva pari a circa 180 m con una berma superiore di larghezza pari a 14.0 m posta a quota -1.5 m l.m.m;
- una pendenza delle scarpate dell'opera pari a b/h=3/2;
- un corpo scogliera realizzato con massi naturali da 1-3t.
-

La messa in opera dei massi naturali dovrà essere effettuata alla rinfusa, ovvero con posa in opera in maniera disordinata, ma comunque tale da assicurare una buona interconnessione tra gli elementi e tale da garantire una porosità d'insieme non superiore al 30%.

4.2 VERIFICHE DI STABILITÀ DELLE SCOGLIERA

4.2.1 CRITERI GENERALI

L'intervento è costituito da opere a gettata, sommerse (opera longitudinale) e parzialmente sommerse (opera trasversale).

Per il dimensionamento di tali opere, esistono una serie di formulazioni, di tipo empirico basate su osservazioni sperimentali. Si è proceduto ad una verifica della congruità del peso dei singoli massi che le costituiscono utilizzando il metodo proposto da Van Der Meer (1987).
Il criterio proposto da Van der Meer (1987), tiene conto dell'azione di onde irregolari e comunque degli effetti della variabilità del periodo d'onda:

$$\frac{H_S}{\Delta D_{n\,50}} = 6.2\,P^{0.18}\left(\frac{S}{\sqrt{N}}\right)^{0.2}\xi_m^{-0.5} \qquad \text{per frangente tipo plunging } (\xi_m < \xi_{mc}) \qquad (7)$$

$$\frac{H_S}{\Delta D_{n\,50}} = P^{-0.13}\left(\frac{S}{\sqrt{N}}\right)^{0.2}\sqrt{\cot\alpha}\;\xi_m^{P} \qquad \text{per frangente tipo surging } (\xi_m > \xi_{mc}) \qquad (8)$$

con

- H_s = altezza d'onda significativa al piede della scogliera
- ξ_m = parametro di surf o numero di Iribarren per il periodo medio $\xi_m = \dfrac{\tan\alpha}{\sqrt{\dfrac{2\pi H_S}{gT_m^2}}}$
- $T_Z \approx T_m$ = periodo d'onda medio (s)
- α = pendenza della mantellata (°)
- $\Delta = (\gamma_m/\gamma_a - 1)$ massa relativa del masso
- γ_a = peso specifico dell'acqua marina (1030 Kg/m^3)
- γ_m = peso specifico del masso (2500 Kg/m^3)
- D_{n50} = diametro nominale del masso, $D_{n50} = (W_{50}/\gamma_m)^{1/3}$ (m)
- W_{50} = valore del peso corrispondente al 50% nella curva di distribuzione (kg)
- P = coefficiente di permeabilità della struttura (≈ 0.60 per scogliere convenzionali)
- S = livello di danneggiamento ammesso
- N = numero di onde
- M_{n50} = peso medio del masso immerso

Il termine S, denominato parametro di danneggiamento, mira a quantificare la deformazione indotta dai carichi del moto ondoso. Per scogliere contraddistinte da una mantellata composta da almeno due strati di massi e da pendenze dei paramenti dell'opera fino ad 1/3, valori di S inferiori a 0.5÷2.0 offrono condizioni di stabilità delle mantellate, valori di S compresi tra 2.0 e 4.0 riflettono condizioni

di “danneggiamento incipiente”, equivalenti cioè ad un grado di danneggiamento inferiore al 5%, pienamente accettabile per il corretto esercizio delle opere marittime a gettata.

Il parametro critico di surf per paramenti ripidi (cotα < 3) è calcolato come: $\xi_{mc} = \left[6.2\,\mathrm{P}^{0.31}\sqrt{\tan\alpha}\right]^{\frac{1}{\mathrm{P}+0.5}}$

mentre per pendenze lievi (cotα >3) è pari a: $\xi_{mc} = \left[3.58\,\mathrm{P}^{0.31}\right]^{\frac{1}{\mathrm{P}+0.5}}$.

Per opere emerse, ma comunque tracimabili, il valore del diametro medio D_{n50} dei massi della mantellata può essere ridotto fino a un massimo di 0.8, per opere a sommergenza nulla. Nel caso in esame, pertanto, il diametro caratteristico degli elementi della mantellata può essere ridotto secondo la seguente relazione:

$$D_{n50} = \frac{D^*_{n50}}{1.25}$$

Per condizioni di acqua bassa, Van der Meer (1988) ha proposto di modificare la formulazione fornita dalla (7) e (8) moltiplicando il secondo membro per il rapporto tra il secondo percentile delle altezze d’onda individuali ($H_{2\%}$) e l’altezza d’onda significativa (H_s) e cambiando i coefficienti moltiplicativi del secondo membro da 6.2 a 8.4 nell’equazione (7) e da 1.00 a 1.3 nell’equazione (8).

Per il dimensionamento delle opere a gettata di tipo sommerso si è soliti fare riferimento anche alla relazione proposta da Van Der Meer e derivata dalle prove sperimentali condotte da Gilver e Sorensen:

$$\frac{h_c^{'}}{h} = (2.1 + 0.1 \cdot S) \cdot e^{-0.14 \cdot N_S^*} \qquad (10)$$

ove:

- $h_c^{'}$ è lo “spessore” della scogliera;
- h è la profondità massima al piede dell’opera (al netto delle oscillazioni del livello marino);
- S è il livello di danneggiamento;
- $N_S^* = \frac{H_s^{2/3} \cdot L_p^{1/3}}{\Delta \cdot D_{n50}}$ è il “numero di stabilità spettrale” definito in funzione di parametri caratteristici dell'onda di progetto e della struttura dell'opera.

Kramer et al. (2006) hanno proposto una regola elementare per fornire una stima del diametro caratteristico degli elementi di una mantellata, pari alla profondità massima al piede dell'opera moltiplicata per il fattore 0.29.

4.2.2 VERIFICHE DI STABILITÀ DEL PENNELLO PARZIALMENTE SOMMERSO

I risultati delle verifiche vengono riportati nella Tabella 4.1. A favore di sicurezza, si è posto un valore del parametro di danneggiamento Sd pari a 1.
Dall'analisi dei risultati si evince che tutte le formulazioni applicate mostrano che massi naturali di 2ª categoria (massa compresa tra 1 e 3 t) sono adatti per assicurare (per una vita utile dell'opera pari a 25 anni) valori di danneggiamento probabili pari al valore di progetto (S=1).

4.2.3 VERIFICHE DI STABILITÀ DELLA BARRIERA LONGITUDINALE

I risultati delle verifiche vengono riportati nella Tabella 4.1 – Dimensionamento del tratto emerso dell'opera trasversale.

Caratteristiche opera	
Profondità al piede	2 m
Sovralzo	1 m
Parametro di Porosità (Van der Meer, 1987)	0.6
Pendenza paramento	1:1.5
Quota cresta (rispetto al livello medio)	1.5 m

Caratteristiche onda di progetto a largo	
Tempo di ritorno	50 anni
Altezza d'onda significativa	7.2 m
Periodo di picco	11 s
Periodo medio	9.9 s

Caratteristiche onda di progetto al piede dell'opera	
Altezza d'onda significativa	10.33 m
Altezza d'onda al frangimento (Goda, 1970)	2.39 m
Altezza d'onda al frangimento (Kamphuis, 1991)	1.8 m
Altezza d'onda limitata dal fondale (Kamphuis, 1991)	1.74 m
Parametro di Surf ($\xi_{sm-1,0}$)	5.61

Dimensionamento dell'opera (Van der Meer, 1987; acque profonde)	
Tipologia di frangimento	Surging
Numero di onde	4000
Parametro di danneggiamento Sd	1
Dimensione caratteristica degli elementi di armatura (D_{n50})	0.88 m
Volume caratteristico degli elementi di armatura (V_{50})	0.61 m3
Massa caratteristica degli elementi di armatura (W_{50})	**1.58 t**

Dimensionamento dell'opera (Van der Meer, 1988; acque basse)	
Tipologia di frangimento	Surging
Numero di onde	4000
Parametro di danneggiamento Sd	1
$H_{2\%}/H_s$	1.210
Dimensione caratteristica degli elementi di armatura (D_{n50})	0.82 m
Volume caratteristico degli elementi di armatura (V_{50})	0.49 m3
Massa caratteristica degli elementi di armatura (M_{50})	**1.27 t**

Tabella 4.2. Poiché è la parte più esposta si è posto un valore del parametro Sd pari a 0.5.

Dall'analisi dei risultati si evince che tutte le formulazioni applicate mostrano che massi naturali di 2ª categoria (massa compresa tra 1 e 3 t), già utilizzati per l'opera trasversale, sono adatti per assicurare (per una vita utile dell'opera pari a 25 anni) valori di danneggiamento probabili pari al valore di progetto (S=0.5).

Tabella 4.1 – Dimensionamento del tratto emerso dell'opera trasversale.

Caratteristiche opera	
Profondità al piede	2 m
Sovralzo	1 m
Parametro di Porosità (Van der Meer, 1987)	0.6
Pendenza paramento	1:1.5
Quota cresta (rispetto al livello medio)	1.5 m
Caratteristiche onda di progetto a largo	
Tempo di ritorno	50 anni
Altezza d'onda significativa	7.2 m
Periodo di picco	11 s
Periodo medio	9.9 s
Caratteristiche onda di progetto al piede dell'opera	
Altezza d'onda significativa	10.33 m
Altezza d'onda al frangimento (Goda, 1970)	2.39 m
Altezza d'onda al frangimento (Kamphuis, 1991)	1.8 m
Altezza d'onda limitata dal fondale (Kamphuis, 1991)	1.74 m
Parametro di Surf ($\xi_{m-1,0}$)	5.61

Dimensionamento dell'opera (Van der Meer, 1987; acque profonde)	
Tipologia di frangimento	Surging
Numero di onde	4000
Parametro di danneggiamento Sd	1
Dimensione caratteristica degli elementi di armatura (D_{n50})	0.88 m
Volume caratteristico degli elementi di armatura (V_{50})	0.61 m3
Massa caratteristica degli elementi di armatura (W_{50})	**1.58 t**
Dimensionamento dell'opera (Van der Meer, 1988; acque basse)	
Tipologia di frangimento	Surging
Numero di onde	4000
Parametro di danneggiamento Sd	1
$H_{2\%}/H_s$	1.210
Dimensione caratteristica degli elementi di armatura (D_{n50})	0.82 m
Volume caratteristico degli elementi di armatura (V_{50})	0.49 m3
Massa caratteristica degli elementi di armatura (M_{50})	**1.27 t**

Tabella 4.2 – Dimensionamento dell'opera longitudinale sommersa.

Caratteristiche opera	
Profondità al piede	3 m
Sovralzo	1 m
Parametro di Porosità (Van der Meer, 1987)	0.6
Pendenza paramento	1:1.5
Quota cresta (rispetto al livello medio)	-1.5 m
Caratteristiche onda di progetto a largo	
Tempo di ritorno	50 anni
Altezza d'onda significativa	7.2 m
Periodo di picco	11 s
Periodo medio	9.9 s
Caratteristiche onda di progetto al piede dell'opera	
Altezza d'onda significativa	9.38 m
Altezza d'onda al frangimento (Goda, 1970)	3.14 m
Altezza d'onda al frangimento (Kamphuis, 1991)	2.34 m
Altezza d'onda limitata dal fondale (Kamphuis, 1991)	2.32 m
Parametro di Surf ($\xi_{m-1,0}$)	5.41

Dimensionamento dell'opera (Van der Meer, 1987; acque profonde)	
Tipologia di frangimento	Surging
Numero di onde	4000
Parametro di danneggiamento Sd	0.5
Dimensione caratteristica degli elementi di armatura (D_{n50})	0.89 m
Volume caratteristico degli elementi di armatura (V_{50})	0.63 m3
Massa caratteristica degli elementi di armatura (W_{50})	**1.63 t**
Dimensionamento dell'opera (Van der Meer, 1988; acque basse)	
Tipologia di frangimento	Surging
Numero di onde	4000
Parametro di danneggiamento Sd	0.5
$H_{2\%}/H_s$	1.262
Dimensione caratteristica degli elementi di armatura (D_{n50})	0.86 m
Volume caratteristico degli elementi di armatura (V_{50})	0.57 m3
Massa caratteristica degli elementi di armatura (M_{50})	**1.49 t**
Dimensionamento dell'opera (Van der Meer, 1990; opere sommerse)	
Dimensione caratteristica degli elementi di armatura (D_{n50})	0.36 m
Volume caratteristico degli elementi di armatura (V_{50})	0.04 m3
Massa caratteristica degli elementi di armatura (M_{50})	**0.11 t**
Dimensionamento dell'opera (Kramer et al., 2006; opere a cresta bassa)	
Altezza caratteristica della struttura (hc)	1.5 m
Dimensione caratteristica degli elementi di armatura (D_{n50})	0.44 m
Volume caratteristico degli elementi di armatura (V_{50})	0.07 m3
Massa caratteristica degli elementi di armatura (M_{50})	**0.19 t**